مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۴، سال ۱۳۹۵

# تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم گلرنگ بانک ژن گیاهی ملی ایران

# Genetic Diversity in Safflower Germplasm of National Plant Gene Bank of Iran

محمد عباسعلی[۱] و مهدی زهراوی[۲]

۱ و ۲- به ترتیب مربی و استادیار، بانک ژن گیاهی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۵

## چکیده

**عباسعلی، م. و زهراوی، م. ۱۳۹۵.** تنوع ژنتیکی در ژرم‌پلاسم گلرنگ بانک ژن گیاهی ملی ایران. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲:** ۵۴۷- ۵۳۱.

**گلرنگ یکی از گیاهان مناسب برای تولید روغن در مناطق خشک است و با توجه به تغییرات اقلیم در چند سال گذشته مورد توجه قرار گرفته است. پایه ژنتیکی و ژرم‌پلاسم غنی برای اصلاح این گیاه ضرورت دارد. این تحقیق در سال ۱۳۹۰ با هدف بررسی تنوع ژنتیکی ۳۴۵ نمونه از کلکسیون ژرم‌پلاسم گلرنگ بانک ژن گیاهی در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد، نتایج اولیه نشان داد بسیاری از نمونه‌ها دارای مورفوتیپ‌های متنوع بودند و با جداسازی و تعیین مورفوتیپ‌ها، در مجموع ۵۳۴ نمونه ژنتیکی به دست آمد که به صورت مشاهده‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند. رنگ جام گل و میزان خارداری براکته مقادیر قابل توجهی از شاخص شانون را به خود اختصاص دادند. عملکرد دانه تک بوته، بزرگ‌ترین (۸۵/۶۲ درصد) و روز تا گلدهی (۷/۲۴) کوچک‌ترین، ضریب تغییرات را دارا بودند. در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ۵۶/۱۳ درصد از تغییرات، توسط سه مؤلفه اول توجیه شد. مؤلفه‌های اول و دوم به ترتیب بیانگر اجزاء عملکرد و اجزاء رویشی بودند. تجزیه خوشه‌ای به روش K means، با تشکیل پنج گروه، نمونه‌های مورد بررسی را از یک‌دیگر متمایز کرد. پراکنش مبداء نمونه‌های ژنتیکی در نمودار بای‌پلات حاصل از مقیاس‌بندی چند بعدی در برخی موارد با موقعیت جغرافیایی آن‌ها مطابقت داشت. به طور کلی نتایج نشان داد که در ژرم‌پلاسم گلرنگ تنوع قابل توجهی وجود دارد که می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی قابل استفاده باشد.**

**واژه‌های کلیدی: گلرنگ، بانک ژن گیاهی ملی ایران، مورفوتیپ، نمونه ژنتیکی.**

---

نویسنده مسئول: moabbasali@yahoo.com تلفن: ۰۲۳۶۲۷۰۱۲۶۰

**مقدمه**

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، از گیاهان صنعتی است که از گذشته‌های دور با هدف تولید ماده رنگی، در ایران کشت و کار می‌شده است (Koocheki and Khajeh Hosseini, 2008). رنگ آن برای غذا و رنگ‌آمیزی پارچه و ابریشم استفاده می‌شود (Khajehpour, 2004) و گل‌های آن کاربرد پزشکی و درمانی دارد (Singh, 2006). مهم‌ترین مصرف فعلی آن تهیه روغن است. علی‌رغم تحمل بالا به کم آبی، ترکیب اسیدهای چرب و کیفیت مناسب روغن، از نظر تغذیه و مصارف صنعتی و پزشکی، کشت گلرنگ کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. این گیاه با دارا بودن خصوصیات ویژه، با توجه به تغییر اقلیم و بحران آب، می‌تواند جایگاه مناسبی در الگوی کشت مناطق خشک جهان و ایران داشته باشد (Koocheki and Khajeh Hosseini, 2008). کشورهای هند، مکزیک، قزاقستان، آمریکا و آرژانتین طی دهه گذشته بیش‌ترین سطح زیر کشت گلرنگ را داشته‌اند. سطح کشت جهانی آن در سال ۲۰۱۳ برابر ۷۸۲۶۴۱ هکتار با میانگین عملکرد ۸۲۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. قزاقستان بیش‌ترین سطح زیر کشت به میزان ۲۷۶۵۰۰ هکتار و با میانگین عملکرد ۶۳۲ کیلوگرم در هکتار را در اختیار دارد، سطح زیر کشت در ایران در سال ۲۰۱۳ برابر ۸۱۰ هکتار و میانگین عملکرد ۶۹۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (Anonymous, 2015).

گلرنگ از خانواده Asteracea است. هند، افغانستان و اتیوپی به عنوان خاستگاه این گیاه شناخته شده است (Vavilov, 1951). موطن احتمالی گلرنگ اهلی منطقه‌ای محصور میان مدیترانه شرقی و خلیج فارس است (Knowles, 1969). گلرنگ از دیرباز در خراسان، آذربایجان و اصفهان به صورت زراعت فرعی و با هدف تهیه رنگ از گلبرگ آن کشت می‌شده است. ایران یکی از غنی‌ترین مناطق ذخایر ژنتیکی گونه‌های زراعی و وحشی گلرنگ است (Khajehpour, 2004). جنس Carthamus شامل ۲۵ گونه است و تنها گونه *C. tinctorius* L. در مناطق مختلف جهان کشت می‌شود (Ashri and Knowles, 1960؛ Patel and Narayana, 1935؛ Richharia and Kotval, 1940؛ Kumar *et al.,* 1981). گونه *C. oxyacatatha* Bieb، خویشاوند نزدیک گونه زراعی، در اکثر نقاط ایران پراکنده است و تلاقی طبیعی بین آن و گونه زراعی در اطراف اصفهان و در مزرعه‌ای آزمایشی در بغداد مشاهده شده است (Singh, 2006).

هند دارای بزرگ‌ترین کلکسیون گلرنگ، در قالب دو کلکسیون مجزا، به تعداد ۷۵۲۵ و ۲۳۹۳ نمونه است و آمریکا نیز دارای دو کلکسیون به تعداد ۲۲۸۸ و ۱۹۶۴ نمونه از گلرنگ زراعی و گونه‌های متفاوت جنس

مربوطـه اسـت کـه از ۵۰ کشـور جمـع‌آوری شده‌اند (Zhang and Johnson, 1999). بانـک ژن گیاهی ملی ایران دارای ۸۱۹ نمونـه ژنتیکـی گلرنگ است، از این تعداد ۵۳۹ نمونـه از گونـه زراعی و بقیه از خویشاوندان وحشی آن هسـتند. جمع‌آوری توده‌های بومی و ارقـام و لایـن‌هـای گلرنـگ از سراسـر کشـور از سـال ۱۳۸۰ و نیـز وارد کردن ژنوتیپ‌های گلرنگ از بانک جهانی گلرنـگ سـبب شـد تـا بـزرگ‌تـرین کلکسـیون خاورمیانـــه بـــا حـــدود ۳۵۰۰ نمونـــه در موسسـه تحقیقـات کشـاورزی دیـم ایجـاد شـود (Pourdad, 2000). دربررسی ۲۷۰ نمونه ژنتیکی گلرنگ در شرایط دیم، تجزیـه خوشـه‌ای بـرای صـفات، ژنوتیـپ‌هـا را در پـنج گـروه قـرار داد (Jamshid-Moghadam *et al.*, 2006). در بررسـی ۸۱ نمونـه ژنتیکـی گلرنـگ بانـک ژن گیاهی ملی ایـران، تنـوع قابـل تـوجهی مشـاهده شد. در ایـن تحقیـق ضـریب تنـوع شـانون بـرای صفات رنگ خار براکته، و بافت برگ کم‌ترین و تراکم خار برگ، طول شاخه، محـل شـاخه، و ریـزش دانـه بـیش‌تـرین مقـدار را داشـت (Abbasali *et al.*, 2006). بـا بررسـی ۵۵۲۲ نمونـه گلرنـگ و تجزیـه خوشـه‌ای بـرای صـفات مورفولوژیـک و جغرافیـایی، پـس از جداسـازی تصـادفی ده درصـد از نمونـه‌هـا از ۲۵ گـــروه حاصـــل، کلکســـیون هســـته (Core collection) تشکیل داده شـد و مقایسـه میـانگین داده‌هـا و شـاخص تنـوع شـانون (Shannon)، حفظ تنوع را در کلکسیون هسته نشان داد (Dwivedi *et al.*, 2005).

ارزیـابی عمـومی ژرم‌پلاسـم شـامل صـفات مورفولوژیک، فیزیولوژیـک و زراعـی، از اهـم بررسـی‌هـای مـواد ژنتیکـی و تشـکیل بانـک اطلاعاتی پایه است. تحقیق و توسـعه جنبـه‌هـای مختلـف گلرنـگ، بـا وجـود سـازگاری آن بـه شرایط متنوع رشد و پتانسیل عملکرد بسیار بالا و تنوع اسـتفاده از بخـش‌هـای مختلـف آن، مـورد توجـه کـافی قـرار نگرفتـه اسـت. در فرآینـد اصلاح، داشتن مواد ژنتیکی غنی که از جنبه‌های مختلـف شناسـایی شـده، ضـروری اسـت، ایـن تحقیـق، بـا چنـین هـدفی بـه بررسـی صـفات مورفولوژیک و فنولوژیک قسمتی از ژرم‌پلاسم گلرنگ بانک ژن گیاهی ملی ایران پرداخت.

## مواد و روش‌ها

در ایـــن تحقیـــق ۳۴۵ نمونـــه ژنتیکـــی از کلکسیون ژرم‌پلاسم گلرنگ بانـک ژن گیـاهی ملی ایران، عمدتاً دریافتی از سازمان خوار و بـار و کشـــاورزی (FAO)، مـــورد ارزیـــابی قـــرار گرفتند. مواد ژنتیکی مـذکور در ۲۷ اردیبهشـت ۱۳۹۰ در مزرعه بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی در کـرج بـا مختصـات جغرافیـایی طـول ۵۰ درجه و ۵۹ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۵۲ دقیقـه شـمالی و ارتفـاع ۱۳۲۱ متـر از سـطح دریـا، بـه صـورت مشـاهده‌ای مـورد کشـت و بررسی قرار گرفتنـد. هـر نمونـه در سـه خـط دو متـری بـا فاصـله ۵۰ سـانتی‌متـر بـین ردیـف و ۷-۵ سانتی‌متر روی ردیـف کاشـته شـد. داشـت

محصول از جمله آبیاری، وجین علف‌های هرز و غیره، طبق نیاز گلرنگ و با توجه به شرایط محیطی انجام شد.

بررسی مقدماتی ژرم‌پلاسم مورد ارزیابی نشان داد که در بسیاری از نمونه‌ها مورفوتیپ‌های متنوعی وجود دارد و لذا بر اساس دستورالعمل مؤسسه بین‌المللی ذخائر توارثی گیاهی (Anonymous, 1981) به جداسازی نمونه‌ها و تعیین مورفوتیپ‌ها مبادرت شد. پس از جداسازی مورفوتیپ‌ها مشخص شد که از بین کل ژرم‌پلاسم مورد ارزیابی، ۲۲۱ نمونه ژنتیکی از چند تیپ مورفولوژیکی تشکیل شده بودند و ۱۲۴ نمونه ژنتیکی صرفاً متشکل از یک مورفوتیپ بودند. در مجموع تعداد کل نمونه‌های ژنتیکی به تعداد ۵۳۴ مورفوتیپ افزایش یافت و ارزیابی صفات روی این تعداد از نمونه‌های ژنتیکی انجام شد. خصوصیات مورد بررسی شامل صفات مورفولوژیکی رویشی، مشخصات بتانیکی براکته‌های بیرونی، خواص مورفولوژیکی گل، و صفات مربوط به بذر بودند که بر اساس دستورالعمل مربوطه (Anonymous, 1981)، ارزیابی شدند.

تنوع صفات کیفی با استفاده از شاخص شانون (Shannon, 1948)،از طریق فرمول زیر اندازه‌گیری شد:

$$H = -\sum_{i=1}^{S} P_i L_n(P_i)$$

که در آن H شاخص تنوع شانون، $P_i$ فراوانی نسبی شناسه i ام موردنظر از یک صفت و $L_n$ لگاریتم طبیعی است.

برای صفات کمّی، پارامترهای آماری شامل میانگین و انحراف معیار، بیشینه و کمینه، محاسبه شد. ابعاد داده‌ها با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاهش یافت. برای گروه‌بندی نمونه‌های ژنتیکی از تجزیه خوشه‌ای به روش K means استفاده شد. پراکنش مبداء ژرم‌پلاسم مورد بررسی با استفاده از بای‌پلات مبتنی بر مقیاس‌بندی چند بعدی مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه‌های آماری با استفاده نسخه ۱۶ نرم‌افزار SPSS انجام شد.

## نتایج و بحث

تعداد نمونه‌های ژنتیکی گلرنک و کشورهای منشاء آن در جدول ۱ و صفات مورد ارزیابی برای مطالعه تنوع ژنتیکی نمونه‌ها در جدول ۲ نشان داده شده‌اند.

بر اساس شاخص شانون (جدول ۳)، نمونه‌های سودان (۱/۳۴)،مصر (۱/۳۱) و استرالیا (۱/۲۶) دارای بیش‌ترین تنوع از نظر صفت رنگ جام بودند. این صفت در نمونه‌های آرژانتین، بنگلادش، بلغارستان، دانمارک، الجزیره، بریتانیا، ایتالیا، لبنان و سوئد فاقد تنوع بود. نمونه‌های اکراین (۱/۱۰)، چین (۱/۰۸) و مصر (۱/۰۶) دارای بیش‌ترین تنوع از نظر صفت خارداری براکته بودند، در حالی که نمونه‌های تاجیکستان، فیلیپین، روسیه، آلمان، اتیوپی و ایتالیا فاقد تنوع از نظر این صفت بودند.

جدول ۱- کشورهای مبداء و تعداد نمونه‌های ژنتیکی مورد استفاده در بررسی تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم گلرنگ

Table1. Origin and number of accessions used in study of genetic diversity of safflower

| کشور Country | کد Code | تعدادنمونه Number of accessions | کشور Country | کد Code | تعدادنمونه Number of accessions | کشور Country | کد Code | تعدادنمونه Number of accessions |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Netherlands | NLD | 1 | Great Britain | GBR | 2 | Argentina | ARG | 2 |
| Pakistan | PAK | 16 | Greece | GRC | 1 | Armenia | ARM | 3 |
| Philippines | PHL | 2 | Hungary | HUN | 5 | Australia | AUS | 16 |
| Poland | POL | 6 | India | IND | 22 | Bangladesh | BGD | 7 |
| Portugal | PRT | 8 | Iran | IRN | 26 | Bulgaria | BGR | 2 |
| Romania | ROM | 3 | Iraq | IRQ | 8 | Canada | CAN | 2 |
| Russia | RUS | 2 | Israel | ISR | 15 | China | CHN | 19 |
| Sudan | SDN | 15 | Italy | ITA | 2 | Cyprus | CYP | 2 |
| Sweden | SWE | 2 | Jordan | JOR | 9 | Germany | DDR | 3 |
| Syria | SYR | 11 | Japan | JPN | 6 | Denmark | DNK | 2 |
| Thailand | THA | 1 | Kazakhstan | KAZ | 9 | Algeria | DZA | 2 |
| Tajikistan | TJK | 3 | Kenya | KEN | 6 | Egypt | EGY | 22 |
| Turkmenistan | TUK | 21 | Korea | KOR | 3 | Eritrea | ERI | 1 |
| Ukraine | UKR | 3 | Kuwait | KWT | 1 | Spain | ESP | 6 |
| United States | USA | 185 | Libyan | LBY | 2 | Ethiopia | ETH | 5 |
| Uzbekistan | UZB | 13 | Morocco | MAR | 8 | France | FRA | 8 |
| Unknown | Unknown | 6 | Afghanistan | AFG | 9 | | | |

جدول ۲- صفات مورد ارزیابی در مطالعه تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم گلرنگ

Table 2. Evaluated traits in the study of genetic diversity of safflower germplasm

| صفات و اختصار آن‌ها<br>Traits and abbreviations | چگونگی اندازه‌گیری و واحدها<br>Measuring and unites |
|---|---|
| روز تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها<br>Days to %50 flowering, (DF) | تعداد روز از زمان کاشت یا اولین آبیاری تا ایجاد گل در ۵۰٪ بوته‌ها<br>Number of days from planting or first irrigation to 50% of plants having first flower |
| رنگ جام گل تازه خشکیده<br>Corolla color of dry flower, (CCF) | ۱ سفید خاکستری، ۲ زرد کم رنگ، ۳ زرد، ۴ نارنجی کم رنگ،۵ پایه نارنجی، ۶ نارنجی، ۷ قرمز پر رنگ، ۸ سایر<br>1 Grey-white, 2 Pale yellow, 3 Yellow, 4 Light orange, 5 Orange base, 6 Orange, 7 Deep red, 8 Other |
| شدت خارداری براکته های بیرونی<br>Spine intensity of outer involucral bracts, ISB) | ۰= بدون، ۱= خیلی کم، ۳= کم، ۵= متوسط، ۷= زیاد، ۹= خیلی زیاد<br>0 None, 1 very low, 3 low, 5 Intermediate, 7 High, 9 Very high |
| ارتفاع بوته<br>Plant height, (PH) | میانگین ارتفاع ۱۰ بوته تصادفی از میان کرت (سانتی‌متر)<br>Mean of 5 random plants from the middle of the plot (cm) |
| عملکرد تک بوته<br>Plant seed weight, (PSW) | میانگین وزن بذر ۱۰ بوته تصادفی (گرم)<br>Mean of 5 random plants from the middle of the plot (g) |
| شاخص برداشت<br>Harvest Index, (HI) | درصد نسبت عملکرد به زیست توده مربوطه<br>The weight ratio of seed to biomass (g) |
| وزن صد دانه<br>Hundred seed weight, (HSW) | وزن صد دانه تصادفی (گرم)<br>Weight of 100 random seeds (g) |
| تعداد غوزه در بوته<br>Head (*capitulum*) number, (PHN) | میانگین تعداد قوزه در ۱۰بوته تصادفی (سانتی‌متر)<br>Mean  of head number 10 random plants(cm) |

جدول ۳- شاخص شانون برای صفات رنگ جام و خارداری براکته بر اساس کشورهای مبدأ نمونه‌های ژنتیکی گلرنگ

Table 3. Shannon index for corolla color and spine intensity of outer involucral bracts based on the country of origin of safflower germplasm

| مبداء Origin | رنگ جام Corolla color | خارداری براکته Spine intensity | مبداء Origin | رنگ جام Corolla color | خارداری براکته Spine intensity | مبداء Origin | رنگ جام Corolla color | خارداری براکته Spine intensity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AFG | 0.69 | 0.94 | GBR | 0.00 | 0.35 | PHL | 0.69 | 0.00 |
| ARG | 0.00 | 0.69 | HTH | 0.64 | 0.00 | POL | 0.64 | 0.87 |
| ARM | 1.10 | 0.64 | HUN | 0.67 | 0.95 | PRT | 0.66 | 0.66 |
| AUS | 1.26 | 0.78 | IND | 1.03 | 0.30 | ROM | 1.10 | 0.64 |
| BGD | 0.00 | 0.96 | IRN | 1.02 | 0.97 | RUS | 0.69 | 0.00 |
| BGR | 0.00 | 0.69 | IRQ | 0.69 | 0.66 | SDN | 1.34 | 0.49 |
| CAN | 0.69 | 0.69 | ISR | 1.09 | 1.04 | SWE | 0.00 | 0.69 |
| CHN | 1.06 | 1.08 | ITA | 0.00 | 0.00 | SYR | 0.93 | 0.86 |
| CYP | 0.69 | 0.69 | JOR | 0.94 | 0.53 | TJK | 1.10 | 0.00 |
| DDR | 0.64 | 0.00 | JPN | 0.69 | 0.64 | TUK | 1.05 | 0.93 |
| DNK | 0.00 | 0.35 | KAZ | 1.15 | 1.00 | UKR | 0.64 | 1.10 |
| DZA | 0.00 | 0.69 | KEN | 1.24 | 0.45 | USA | 1.22 | 0.94 |
| EGY | 1.31 | 1.06 | KOR | 0.64 | 0.64 | UZB | 1.22 | 0.94 |
| ESP | 0.87 | 1.01 | LBY | 0.00 | 0.69 | Unknown | 1.10 | 0.64 |
| ETH | 0.00 | 0.00 | MAR | 0.56 | 0.66 | | | |
| FRA | 1.04 | 0.90 | PAK | 0.97 | 0.62 | | | |

برای نام کشورهای مبدا به جدول ۱ مراجعه شود.

For abbreviations of country of origins see Table 1.

نمونه‌های مصر متنوع‌ترین ژرم‌پلاسم با در نظر گرفتن هر دو صفت رنگ جام و خارداری براکته بودند. با توجه به اینکه دو صفت اخیر از بارزترین صفات در تنوع گلرنگ زراعی هستند، این یافته با نظر وایس (Weiss, 1971) که سرزمین اولیه پرورش گلرنگ را سرتاسر دره نیل تا اتیوپی می‌داند منطبق است. نمونه‌های قزاقستان را می‌توان به عنوان مواد ژنتیکی با تنوع بالا، از نظر هر دو صفت مذکور نام برد، قابل ذکر است که قزاقستان همیشه جزء ده کشور اول تولید کننده دانه گلرنگ بوده و در سال ۲۰۱۳ اولین تولید کننده دانه گلرنگ در جهان بود (Anonymous, 2015). از سوی دیگر، فقط نمونه‌های ایتالیا فاقد تنوع برای هر دو صفت رنگ جام و خارداری براکته بودند. این نتایج نشان می‌دهد دو صفت مذکور از تغییرات کافی در جوامع مختلف برخوردار بوده و انتخاب آن‌ها برای مطالعه تنوع مناسب بوده است. براساس شاخص شانون، نمونه‌های با منشاء ایران دارای رتبه ۱۳ برای تنوع رنگ جام (۱/۰۲) و رتبه هفت برای تنوع خارداری براکته (۰/۹۷) بودند. نتایج آماره‌های توصیفی برای جمعیت مورد مطالعه (جدول ۴) نشان داد که صفات عملکرد دانه تک بوته دارای بیش‌ترین (۸۵/۶۲ درصد) و روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۷/۲۴ درصد) دارای کم‌ترین ضریب تغییرات بودند. همچنین صفات تعداد قوزه در بوته (۷۸/۷۰ درصد) و زیست توده (۷۷/۷۴درصد) نیز از ضریب تغییرات بالایی برخوردار بودند.

صفت روز تا ۵۰ درصد گلدهی دارای دامنه ۲۴ روز بود. نمونه ژنتیکی TN0511E (از پاکستان) دارای کم‌ترین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۵۴ روز) بود. نمونه‌های ژنتیکی TN0595B، TN0597A، TN0597B، TN0597E و TN0597F (از ترکمنستان)، TN0591B (از کویت)، TN0594 (از فلسطین اشغالی)، TN0773 (از چین)، TN0592A و TN0592B (از آرژانتین) با ۷۸ روز تا گلدهی، دیرگل‌ده‌ترین مورفوتیپ‌هابودند. نمونه ژنتیکی TN0484C (از فرانسه)، کوتاه‌ترین و نمونه ژنتیکی TN0679 (از ایالات متحده آمریکا)، بلندترین ارتفاع بوته را داشتند. ارتفاع بوته در نمونه‌های ژنتیکی ایرانی،از ۵۷ تا ۸۷ سانتی‌متر، متغیربود. نمونه‌های ژنتیکی TN0501C (با ۸/۷ گرم از سودان)، TN0548 (با ۸/۵ گرم از لهستان) و TN0503A (با ۷/۸ گرم از سودان) دارای بیش‌ترین مقدار وزن صد دانه بودند. مقدار وزن صد دانه در نمونه‌های ایرانی از ۲/۸ گرم تا ۶/۶ گرم متغیر بود.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در جدول ۵ ارائه شده است. براساس این نتایج، سه مؤلفه اول ۵۶/۱۳ درصد از تغییرات در جمعیت مورد مطالعه را در برداشتند. مؤلفه اصلی اول ۲۴/۲۵ درصد از واریانس داده‌ها را توجیه کرد که در آن، بیش‌ترین ضرایب به صفات وزن بذر یک بوته (۰/۸۶)، تعداد قوزه دربوته (۰/۶۴) و شاخص برداشت (۰/۵۹) اختصاص داشت. این

جدول ۴- مقادیر آماره‌ای توصیفی برای صفات مختلف ژرم‌پلاسم گلرنگ

Table 4. Estimates of descriptive statistics for different traits of safflower germplasm

| Trait | صفت | دامنه Range | حداقل Minimum | حداکثر Maximum | میانگین Mean آماره Statistic | خطای معیار Std. Error | انحراف استاندارد Std. Deviation | درصد ضریب تغییرات CV (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Days to %50 flowering | روز تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها | 24.00 | 54.00 | 78.00 | 61.37 | 0.19 | 4.44 | 7.24 |
| Plant height | ارتفاع گیاه | 71.00 | 29.00 | 100.00 | 59.15 | 0.46 | 10.55 | 17.84 |
| Plant seed weight | عملکرد تک بوته | 59.70 | 0.60 | 60.30 | 11.67 | 0.43 | 9.99 | 85.62 |
| Biomass | زیست‌توده | 1795.00 | 5.00 | 1800.00 | 421.62 | 14.18 | 327.77 | 77.74 |
| Harvest Index | شاخص برداشت | 63.75 | 0.45 | 64.20 | 17.94 | 0.41 | 9.47 | 52.80 |
| Hundred seed weight | وزن صد دانه | 6.70 | 2.00 | 8.70 | 4.08 | 0.04 | 0.88 | 21.67 |
| Head (*capitulum*) number | تعداد قوزه در بوته | 111.84 | 3.16 | 115.00 | 22.36 | 0.76 | 17.59 | 78.70 |

جدول ۵- تجزیه به مؤلفه‌های اصلی داده‌های حاصل از ارزیابی صفات مختلف در ژرم‌پلاسم گلرنگ

Table 5. Principal component analysis of data obtained from assessment of different traits of safflower germplasm

| Trait | صفت | مؤلفه اصلی Principal component 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| Days to %50 flowering | روز تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها | 0.36 | 0.51 | 0.06 |
| Plant height | ارتفاع گیاه | 0.43 | -0.02 | -0.46 |
| Plant seed weight | عملکرد تک بوته | -0.33 | -0.16 | 0.65 |
| Biomass | زیست توده | 0.45 | 0.68 | -0.05 |
| Harvest Index | شاخص برداشت | 0.86 | -0.12 | 0.31 |
| Hundred seed weight | وزن صد دانه | -0.22 | 0.70 | 0.19 |
| Head (*capitulum*) number | تعداد قوزه در بوته | 0.59 | -0.28 | -0.35 |
| Days to %50 flowering | روز تا گلدهی ۵۰٪ بوته‌ها | -0.11 | -0.47 | -0.11 |
| Plant height | ارتفاع گیاه | 0.64 | -0.24 | 0.60 |
| Eigen values | مقادیر ویژه | 2.18 | 1.60 | 1.27 |
| Cumulative variance | درصد واریانس تجمعی | 24.25 | 42.02 | 56.13 |

مؤلفه اصلی بر عملکرد و اجزاء عملکرد تأکید داشت، از این رو نمونه‌های ژنتیکی با بیش‌ترین مقدار برای این مؤلفه اصلی، از نظر سه صفت مذکور نسبت به سایر نمونه‌ها برتر بودند. نمونه‌های ژنتیکی برتر براساس مؤلفه‌های اصلی اول عبارت بودند از TN0553B (از پرتغال)، TN0574B (از استرالیا)، TN0487B (از هندوستان)، TN0629B (از روسیه)، TN0648C (از ترکمنستان) و TN0590B (از هندوستان). مؤلفه اصلی دوم ۱۷/۷۷ درصد از واریانس داده‌ها را دربر داشت. صفات زیست توده (۰/۷۰)، ارتفاع (۰/۶۸) و روز تا گلدهی (۰/۵۱) در این مؤلفه، بیش‌ترین ضرایب را در مؤلفه اصلی دوم داشتند. این مؤلفه اصلی بر صفات رویشی و فنولوژیک تأکیدداشت. از این رو نمونه‌های ژنتیکی TN0773 (از چین)، TN0644 (از ایران)، TN0679 (از ایالات متحده آمریکا)، TN0600 (از ایران)، TN0645 (از ایران)، TN0591B (از کویت)، TN019A (از ایران) و TN0628A (از اکراین) با بیش‌ترین مقدار برای این مؤلفه اصلی، از نظر صفات مذکور نسبت به سایر نمونه‌ها برتری داشتند. همانطور که مشاهده می‌شود نمونه‌های برتر براساس مؤلفه اصلی دوم اکثراً متعلق به ایرانبودند، که این نتیجه از این نظر جالب توجه است. مؤلفه اصلی سوم ۱۴/۱۱ درصد از واریانس داده‌ها را شامل شد. در این مؤلفه، بیش‌ترین ضرایب به صفات خارداری براکته (۰/۶۵) و تعداد قوزه دربوته (۰/۶۰) اختصاص داشت، لذا نمونه‌های ژنتیکی با بیش‌ترین مقدار

برای این مؤلفه اصلی، از نظر دو صفت مذکور نسبت به سایر نمونه‌ها برتری داشتند. نمونه‌های ژنتیکی برتر براساس مؤلفه‌های اصلی سوم عبارت بودند از TN0574B (از استرالیا)، TN0590B (از هندوستان)، TN0487B (از هندوستان)، TN0577B (از ازبکستان UZB) و TN0744C (از ایالات متحده آمریکا).

به منظور گزینش و متمایزکردن نمونه‌های واجد رشد زایشی بیش‌تر (عملکرد و اجزاء عملکرد برتر) و رشد رویشی کم‌تر (زیست توده، ارتفاع بوته و روز تا گلدهی کم‌تر) باید مقادیر بزرگ‌تر براساس مؤلفه اصلی اول و مقادیر کوچک‌تر از مؤلفه اصلی دوم را مد نظر قرار داد. نمونه‌های ژنتیکی TN0505B (از مراکش)، TN0606B (از سودان)، TN0674B (از ایالات متحده آمریکا)، TN0545B (از مجارستان)، TN0487B (از هندوستان)، TN0621B (از قزاقستان)، TN0722B (از ایالات متحده آمریکا)، TN0577B (از ازبکستان)، TN0641B (از بنگلادش) و TN0673B (از ایالات متحده آمریکا) دارای ویژگی مذکور بودند و برای اهداف به‌نژادی در این زمینه قابل توصیه هستند. در انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بررسی ۱۲۲ نمونه ژنتیکی گلرنگ در پاکستان نتایج مشابهی به دست آمد به طوری که مؤلفه اول با توجیه ۲۶/۰۲ درصد کل واریانس دارای ضرایب بیشینه‌ای برای صفات عملکردی تعداد قوزه در بوته،تعداد دانه در قوزه، زمان گلدهی و عملکرد بود (Shinwari *et al.,* 2014). همچنین درتجزیه به عامل‌ها در بررسی تنوع ژنتیکی در کلکسیون گلرنگ در شرایط دیم، عامل اول و دوم به ترتیب ۲۶ درصد و ۱۵/۷ درصد تغییرات کل را توجیه کرد و در عامل اول صفات عملکرد دانه و روغن دارای بار عاملی بزرگ و به عنوان عامل عملکرد نامگذاری شد. در عامل دوم دو جزء عملکرد یعنی تعداد دانه در غوزه و تعداد غوزه در بوته دارای بارهای عاملی بزرگ و مثبت بودند و به عنوان عامل اجزای عملکرد نامگذاری شد (Pourdad and Jmshid-Moghaddam, 2013). نتایج تجزیه به عامل‌ها در بررسی تنوع ۵۸ نمونه گلرنگ، صفات عملکرد دانه و روغن در عامل اول، تعداد شاخه فرعی و تعداد قوزه در بوته در عامل دوم و روز تا ۵۰٪ گلدهی در عامل سوم تأکید داشت (Hatamzadeh, 2008). نتایج تجزیه به عامل‌ها روی یک صد ژنوتیپ گلرنگ نشان داد که عامل اول ۲۸ درصد از واریانس کل را توجیه کرد و متغیرهای روز تا اولین گلدهی، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا پایان گلدهی و ارتفاع بوته نقش مهمی در این عامل ایفا کردند، عامل دوم ۱۸ درصد از واریانس کل را توجیه کرد که عملکرد دانه در بوته، تعداد قوزه در بوته و تعداد انشعاب در بوته دارای بیش‌ترین بار عاملی در آن بودند (Maleki Nejad and Majidi, 2014).

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه برای صفات کمّی نشان داد که ژرم‌پلاسم مورد بررسی،

براساس منشاء، از نظر تمام صفات مذکور در سطح احتمال یک درصد دارای تفاوت معنی‌دار بودند. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، نمونه‌های فرانسه، الجزیره، کره جنوبی، کنیا، رومانی، قبرس و ایتالیا با کم‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی و نمونه‌های آرژانتین و افغانستان با بیش‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی، به طور متمایز از نمونه‌های سایر کشورها قرار گرفتند. نمونه‌های ایتالیا و کنیا با کم‌ترین میانگین ارتفاع بوته و نمونه‌های اکراین با بیش‌ترین میانگین ارتفاع بوته، در گروهی جداگانه از نمونه‌های سایر کشورها قرار گرفتند. نمونه‌های بلغارستان با کم‌ترین میانگین وزن بذر تک بوته و نمونه‌های روسیه با بیش‌ترین میانگین وزن بذر تک بوته، دارای تفاوت معنی‌دار با نمونه‌های سایر کشورها بودند. نمونه‌های ارمنستان، پاکستان، کره جنوبی، رومانی و لهستان با کم‌ترین میانگین زیست‌توده و نمونه‌های اسپانیا با بیش‌ترین میانگین زیست‌توده، به طور متمایز از نمونه‌های سایر کشورها قرار گرفتند. نمونه‌های هندوستان و روسیه با کم‌ترین میانگین شاخص برداشت و نمونه‌های مجارستان با بیش‌ترین میانگین شاخص برداشت، در گروهی جداگانه از نمونه‌های سایر کشورها قرار گرفتند. نمونه‌های سوئد با کم‌ترین میانگین وزن صد دانه و نمونه‌های سودان با بیش‌ترین میانگین وزن صد دانه، دارای تفاوت معنی‌دار با نمونه‌های سایر کشورها بودند. نمونه‌های کانادا و ایتالیا با کم‌ترین میانگین تعداد قوزه در بوته و نمونه‌های آرژانتین و روسیه با بیش‌ترین میانگین تعداد قوزه در بوته، به طور متمایز از نمونه‌های سایر کشورها قرار گرفتند.

در تجزیه خوشه‌ای به روش K means، با تشکیل پنج گروه، نمونه‌های مورد بررسی از یک‌دیگر متمایز شدند (جدول ۶). گروه اول با ۳۵ عضو، دارای کم‌ترین میانگین بذر تک بوته، شاخص برداشت، تعداد قوزه در بوته و همچنین به همراه گروه دوم، بیش‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی بود. گروه دوم با پنج عضو، دارای بیش‌ترین میانگین ارتفاع بوته، وزن بذر تک بوته و زیست توده، کم‌ترین میانگین وزن صد دانه و همچنین به همراه گروه اول، بیش‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی بود. گروه سوم با ۱۶۲ عضو به همراه گروه پنجم، دارای کم‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی بود. گروه پنجم با ۲۲۰ عضو، دارای بیش‌ترین میانگین شاخص برداشت، وزن صد دانه، تعداد قوزه در بوته و کم‌ترین میانگین ارتفاع بوته، زیست توده، و همچنین به همراه گروه سوم، کم‌ترین میانگین تعداد روز تا گلدهی بود. گروه دوم بیش‌ترین فاصله را از سایر گروه‌ها دارا بود (جدول ۷).

از آن‌جا که صفات مورد بررسی روی ژرم‌پلاسم‌های متفاوت در نقاط متفاوت جهان کاملاً منطبق نیست بررسی مقایسه‌ای از نظر عوامل جداکننده گروه‌ها، در تجزیه خوشه‌ای، دشوار است، ولی می‌توان گفت که بر اساس

جدول ۶- میانگین صفات گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ژرم‌پلاسم گلرنگ

Table 6. Trait means of groups developed by K means clustering method in safflower germplasm

| | | Cluster کلاستر | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Traits | صفات | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Days to %50 flowering | روز تا گلدهی ۵۰٪ | 63.00 | 63.00 | 61.00 | 62.00 | 61.00 |
| Plant height (cm) | ارتفاع بوته | 62.00 | 71.00 | 60.00 | 62.00 | 56.00 |
| Plant seed weight (g) | عملکرد تک بوته | 9.10 | 14.00 | 11.20 | 9.80 | 13.30 |
| Biomass (g) | زیست توده | 1075.00 | 1544.00 | 419.00 | 758.00 | 123.00 |
| Harvest Index | شاخص برداشت | 13.05 | 13.46 | 16.50 | 15.57 | 21.08 |
| 100 seed weight (g) | وزن صد دانه | 3.80 | 3.70 | 4.10 | 4.00 | 4.20 |
| Head (capitulum) number | تعداد قوزه در بوته | 17.23 | 18.07 | 20.56 | 17.53 | 27.05 |
| Number of Cases in each Cluster | تعداد اعضای هر گروه | 35.00 | 5.00 | 162.00 | 112.00 | 220.00 |

جدول ۷ – فواصل بین گروه‌های تشکیل شده حاصل از

تجزیه خوشه‌ای K means در نمونه‌های ژنتیکی ژرپلاسم گلرنگ

Table 7. Distance between groups constructed by K means clustering method in germplasm of safflower

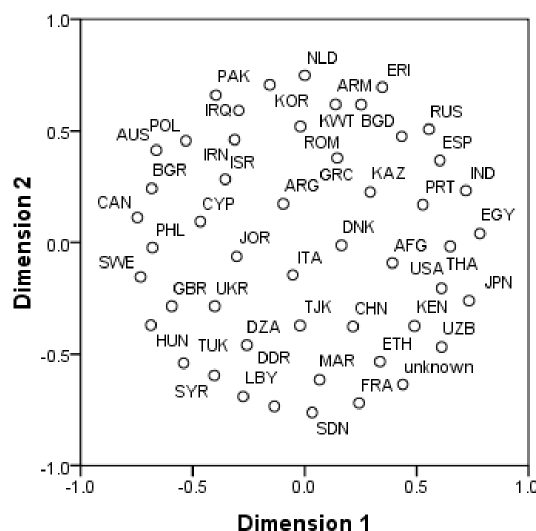
| Cluster گروه | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 469.54 | | | |
| 3 | 655.56 | 1125.00 | | |
| 4 | 316.89 | 786.37 | 338.68 | |
| 5 | 951.64 | 1421.00 | 296.13 | 634.79 |

نتایج تجزیه خوشه‌ای برای ژرم‌پلاسم گیاه مشابه در سایر تحقیقات، گروه‌ها بیش‌تر بر اساس کدام صفات متمایز شده‌اند. بر این اساس در تجزیه خوشه‌ای صفات مورد بررسی ژرم‌پلاسم گلرنگ در پاکستان عوامل یا صفات اصلی جداکننده گروه‌ها، ارتفاع گیاه، تعداد روز تا رسیدن، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و عملکرد بوته ذکر شده است، که در مقادیر متفاوت باعث جدایی نمونه‌ها شده بودند (Shinwari *et al.,* 2014).

نمونه‌های ژنتیکی مورد بررسی براساس منشاء به خوبی در نمودار بای‌پلات حاصل از مقیاس‌بندی چند بعدی پراکنده شدند. در یک انتهای قطر متصل کننده ناحیه سمت چپ بالا به سمت راست پایین، کشورهای لهستان و استرالیا و در سوی دیگر فرانسه، ازبکستان و منشاء ناشناخته، قرار داشتند که نشان‌دهنده حداکثر فاصله بین این دو گروه از کشورها است. همچنین در یک انتهای قطر متصل کننده ناحیه سمت راست بالا به سمت چپ پایین، کشورهای روسیه، بنگلادش و اسپانیا و در سوی دیگر کشورهای سوریه، مجارستان و ترکمنستان قرار داشتند که در این حالت نیز بیانگر حداکثر فاصله بین این دو گروه از کشورها است.

کشورهای ایتالیا، دانمارک و اردن در بخش مرکزی نمودار قرار گرفتند که بیانگر فاصله تقریباً یکسان آن‌ها با کشورهای حاشیه‌ای نمودار است. مبدأ ناشناخته به کشورهای اتیوپی و فرانسه نزدیک‌تر بود. نمونه‌های ایران در نزدیکی کشورهای فلسطین اشغالی، عراق و پاکستان قرار داشت (شکل ۱).

میزان کم تولید دانه‌های روغنی در کشورهایی مانند ایران که در آن‌ها شرایط خشک در مناطق وسیعی حاکم است، سبب شده که گیاه گلرنگ در چند سال گذشته مورد توجه قرار گیرد. همچنین تمایل مصرف کنندگان برای استفاده از روغن سالم با مقدار کم‌تر از چربی‌های اشباع که در گلرنگ به خوبی شناخته شده است و با توجه به تغییرات اقلیمی که باعث تشدید گرما، کاهش میزان بارندگی و سختی بیش‌تر شرایط رشد گیاهان خواهد شد، گلرنگ می‌تواند جایگاه مناسبی در الگوی کشت، به خصوص در مناطق خشک جهان و ایران داشته باشد. بر این اساس وجود پایه ژنتیکی و ژرم‌پلاسم غنی، که از نظر صفات عمومی، اختصاصی و چگونگی واکنش به تنش‌های محیطی شناسایی و ارزیابی شده باشد، در فرآیند اصلاح ضرورت دارد. در این تحقیق، تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم خارجی گلرنگ بانک ژن گیاهی ملی ایران مورد بررسی قرار گرفت. مجموع نتایج تحقیق نشان‌دهنده تنوع قابل توجهی بود. شاخص‌ها و تجزیه‌های متفاوت، این تنوع را بر اساس صفات مورفولوژیک پر اهمیتی مثل رنگ گل، شدت خارداری براکته‌ها و تعداد قوزه در بوته به خوبی نشان دادند. تفسیر صفات و قابلیت استفاده از نمونه‌های ژنتیکی مربوطه بر اساس اهداف به‌نژادی موردنظر




شکل ۱- بای پلات مربوط به پراکنش کشورهای منشاءنمونه‌های ژنتیکی گلرنگ بر اساس مقیاس‌بندی چند بعدی

Fig. 1. Biplot related to the distribution of country of origin of safflower accessions based on multidimention scaling

برای نام کشورهای مبدا به جدول ۱ مراجعه شود.

For abbreviations of country of origins see Table 1.

می‌تواند متفاوت باشد. به این ترتیب هر محقق می‌تواند با توجه به اهداف خود کلکسیون را مورد بهره‌برداری قرار دهد. به طور مثال در این تحقیق، انتخاب در ژرم‌پلاسم می‌تواند بر اساس صفات مهم اقتصادی مانند دوره‌های فنولوژیک، تعداد قوزه در بوته، تعداد دانه در قوزه و وزن صد دانه و نهایتاً عملکرد دانه در بوته مورد توجه قرار گیرد. در مجموع نتایج نشان داد ژرم‌پلاسم مورد بررسی از سطح قابل توجهی از تنوع برخوردار بوده و می‌تواند در برنامه‌های به‌نژادی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

## References

**Abbasali, M., Jafaraghaie, M., and Vaezie, S. 2006.** Evaluation of statistical parameters, correlations between characters and assessment of genetic diversity of safflower germplasm of National Plant Gene Bank of Iran, Proceedings of The 9th Iranian Crop Sciences Congress, Aboureyhan Campus of University of Tehran, Pakdasht, Iran (in Persain).

**Anonymous 2015.** http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor

**Anonymous 1981.** Descriptor list for safflower. IBPGR Secretariat, Rome, Italy.

**Ashri, A., and Knowles, P.F. 1960.** Cytogenetics of safflower (Carthamus L.) species and their hybrids. Agronomy Journal 52: 11–17.

**Dwivedi, S. L., Upadhyaya, H. D., and Hegde, D. M. 2005.** Development of core collection using geographic information and morphological descriptors in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm. Genetic Resources and Crop Evolution 52(7): 821-830.

**Hatamzadeh, H. 2008.** Study on traits related to seed yield in safflower by factor analysis. Seed and Plant 24(3): 563-578 (in Persian).

**Jamshid-Moghadam, M., Pourdad, S. S., and Hatamzadeh, H. 2006.** Investigation of safflower germplasm in autumn planting under dry-land conditions, Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, Aboureyhan Campus of University of Tehran, Pakdasht, Tehran, Iran (in Persain).

**Khajehpour, M. R. 2004.** Industrial Plants. Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. 571 pp. (in Persian).

**Knowles, P. F. 1969.** Centers of plant diversity and conservation of crop germplasm: Safflower. Economic Botany 23(4): 324-329.

**Kumar, H., Pillai, R. S. N., and Singh, R. B. 1981.** Cytogenetic studies in safflower. Proceedings of the 1st International Safflower Conference, Davis, CA, USA. pp. 126–136.

**Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. 2008.** Modern Agronomy Hand Book. Jihad-e- Daneshghahi, Mashhad, Iran. 704 pp. (in Persain).

**Maleki Nejad, R., and Majidi, M. 2014.** Association of seed yield, oil and related traits in safflower genotypes under normal and drought stress. Iranian Journal of Field Crops Research 13(1): 109-119 (in Persian).

**Patel, J.S., and Narayana, G.V. 1935**. Chromosome numbers in safflower. Current Science 4: 412.

**Pourdad, S. S. 2000.** A Decade Reseaches of Safflower Breeding in Dryland Condition: Achievements and Challenges in Iran. Third International Seminar on Oilseeds and Edible Oils, Center for Knowledge and Oilseeds Industry, Coordination Center of Science and Industry Oilseeds, Tehran, Iran (in Persian).

**Pourdad S. S., and Jamshid-Moghaddam, M. 2013.** Study on genetic variation in

safflower collection (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed condition. Iranian Journal of Dryland Agriculture 1(3): 1-16 (in Persian).

**Richharia, R. H., and Kotval, J. P. 1940**. Chromosome numbers in safflower. Current Science 9: 73-74.

**Shannon, C. E. 1948**. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27: 379-423.

**Shinwari, Z. K., Rehman, H., and Rabbani, M.A. 2014.** Morphological traits based genetic diversity in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Pakistan Journal of Botany 46(4): 1389-1395.

**Singh, R. J. 2006.** Landmark Research in Oilseed Crops. Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement: Oilseed Crops (Vol. 4). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

**Vavilov, N.I. 1951.** The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants: Selected Writings (Vol. 13, No. 1-6). Ronald Press, New York, USA.

**Weiss, E.A. 1971.** Castor, Sesame and Safflower. Leonard Hill Books, London, UK.

**Zhang, Z., and Johnson, R.C. 1999.** Safflower Germplasm Collection Directory. IPGRI Office for East Asia, Beijing, China.